

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

1. Sistematika dan Botani Tanaman Jagung

Tanaman jagung termasuk dalam keluarga rumput-rumputan dengan spesies *Zea mays* L. Dalam Rukmana (2010), secara sistematis tanaman jagung diuraikan sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*

Divisio : *Spermatophyta*

Sub division : *Angiospermae*

Kelas : *Monocotyledonae*

Ordo : *Graminae*

Famili : *Graminae*

Genus : *Zea*

Spesies : *Zea mays*.

Secara morfologi Rukmana (2010), menjelaskan bahwa tanaman jagung termasuk jenis tumbuhan semusim. Akar tanaman jagung dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi tanah yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada kondisi tanah yang subur dan gembur, jumlah akar tanaman jagung cukup banyak, sedangkan pada tanah yang kurang baik, akar yang tumbuh jumlahnya terbatas.

Batang tanaman jagung bentuknya bulat silindris, tidak berlubang, dan beruas-ruas sebanyak 8 – 20 ruas. Pertumbuhan batang tidak hanya memanjang, tapi juga terjadi pertumbuhan ke samping atau membesar, bahkan batang tanaman

jagung manis dapat tumbuh membesar dengan diameter sekitar 3cm sampai 4cm. Fungsi batang yang berisi berkas-berkas pembuluh adalah sebagai media pengangkut zat-zat makan dari atas ke bawah ataupun sebaliknya.

Daun tanaman jagung terdiri dari beberapa struktur yakni, tangkai daun, lidah daun, dan telinga daun. Tangkai daun merupakan pelepah yang berfungsi untuk membungkus batang tanaman jagung, sedangkan lidah daun terletak di atas pangkalbatang, serta telinga daun bentuknya seperti pita yang tipis dan memanjang. Jumlah daun tiap tanaman bervariasi antara 8-48 helai, namun pada umumnya berkisar antara 12-18 helai, bergantung varietas dan umur tanaman.

Bunga tanaman jagung bila dilihat dari sifat penyerbukannya termasuk kedalam tanaman yang menyerbuk silang. Tanaman ini bersifat monoecious, dimana bunga jantan dan betina terpisah pada bunga yang berbeda tapi masih dalam satu individu tanaman. (Admaja, 2006) Bunga jantan jagung berinduk malai, terdiri atas kumpulan bunga-bunga tinggal dan terletak pada ujung batang. Masing-masing bunga jantan mempunyai tiga stamen dan satu pistil rudimenter. Bunga betina keluar dari buku-buku berupa tongkol. Tangkai putik pada bunga betina menyerupai rambut yang bercabang-cabang kecil. Bagian atas putik keluar dari tongkol untuk menangkap serbuk sari. Bunga betina memiliki pistil tunggal dan stamen rudimenter.

Biji jagung atau buah jagung terletak pada tongkol yang tersusun. Kemudian pada tongkol tersebut tersimpan biji-biji jagung yang menempel erat, sedangkan pada buah jagung terdapat rambut-rambut yang memanjang hingga keluar dari pembungkus buah jagung. Biji jagung memiliki bermacam-macam bentuk dan bervariasi. Biji jagung yang masih muda mempunyai ciri bercahaya dan berwarna

jernih seperti kaca, sedangkan biji yang telah masak dan kering akan menjadi kriptot dan berkerut. Tanaman jagung manis mempunyai daun cukup banyak, tingginya sedang, dengan warna biji kuning atau putih, bahwa jagung hampir mirip dengan jagung normal, hanya telah kehilangan kemampuan untuk menghasilkan pati dengan sempurna atau dengan kata lain tidak dapat mensintesis pati dengan efisien.

2. Syarat Tumbuh

Untuk pertumbuhan yang baik, tanam jagung memerlukan air dan suhu yang cukup tinggi. Tanam jagung memerlukan panas dan lembab dari waktu tanam sampai selesai pembuahan. Syarat tumbuh bagi tanaman jagung yakni cahaya matahari cukup atau tidak ternaungi (Emedinta, 2004). Suhu di Indonesia pada umumnya sudah cukup baik untuk pertumbuhan untuk tanaman jagung. Suhu optimal yang di butuhkan untuk berkecambahnya biji jagung adalah kurang lebih 30 – 32 C, suhu optimum 24 – 30 0C, curah hujan merata sepanjang umur tanaman antara 100 – 200 mm per bulan, ketinggian tempat optimal hingga 300 mdpl. Selanjutnya di katakan bahwa, intensitas cahaya matahari sangat di perlukan untuk pertumbuhan yang baik. Sebaiknya tanaman jagung mendapat cahaya matahari yang langsung, dan jangan menanam jagung pada tempattempat terlindung dari cahaya matahari karena dapat mengurangi hasil.

Syarat tumbuh tanaman jagung yaitu curah hujan yang terjadi selama bulan penanaman cukup tinggi sebesar 309 mm dan 501 mm (rata-rata 427 mm/bulan), nilai curah hujan yang cukup tinggi apabila dibandingkan dengan distribusi hujan yang ideal bagi pertumbuhan jagung yaitu 200 mm/bln dan berpotensi menyebabkan pencucian pada unsur hara yang terdapat di tanah. Dalam suatu langkah budidaya ada hal-hal yang perlu diperhatikan diantaranya syarat tumbuh,

adapun syarat tumbuh tanaman jagung yaitu ketinggian 5-1.200 m dpl, kelembaban 80%, pH 2,3 dan suhu 15 - 20°C (Falah, 2009).

Tidak semua tahap pertumbuhan tanaman peka terhadap kompetisi gulma. Untuk itu perlu diketahui saat pengendalian yang tepat. Periode hidup tanaman yang sangat peka terhadap kompetisi gulma ini disebut periode kritis tanaman yang ditentukan oleh tingkat kompetisi antara gulma dan tanaman. Salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah jarak tanam dimana pengaturan jarak tanam yang berbeda akan menimbulkan perbedaan waktu penutupan tajuk tanaman (Eprim, 2006). Jarak tanam berhubungan dengan luas atau ruang tumbuh yang ditempatinya dalam penyediaan unsur hara, air dan cahaya. Jarak tanam yang terlalu lebar kurang efisien dalam pemanfaatan lahan, bila terlalu sempit akan terjadi persaingan yang tinggi yang mengakibatkan produktivitas rendah (Herlina, 2011). Sebelumnya Mayadewi (2007) menambahkan jarak tanam yang terlalu sempit memungkinkan tanaman budidaya akan memberikan hasil yang kurang relatif karena adanya kompetisi antar tanaman itu sendiri. Oleh karena itu dibutuhkan jarak tanam yang optimum untuk memperoleh hasil yang maksimum.

Dari hasil penelitian yang dilakukan Simamora (2007), perlakuan jarak tanam berpengaruh nyata terhadap hasil jagung perplot. Jarak tanam 60 cm x 25 cm (3512,86 g) memberikan hasil lebih besar dibandingkan 75 cm x 25 cm (2853,33 g) dan 90 cm x 25 cm (2474, 67 g). Jarak tanam yang semakin renggang akan menyebabkan penurunan hasil sebesar 15 % pada jarak tanam 75 cm x 25 cm dan 29 % pada jarak tanam 90 cm x 25 cm. Besarnya produksi dipengaruhi oleh jumlah populasi tanaman. Untuk meningkatkan hasil biji tanaman jagung salah satunya adalah dapat dilakukan dengan penambahan tingkat kerapatan tanaman persatuan

luas. Jarak tanam yang lebih renggang menghasilkan hasil yang lebih besar per tanaman, namun pada jarak tanam yang lebih sempit sampai batas tertentu akan menghasilkan hasil yang lebih besar. Perlakuan jarak tanam 60 cm x 25 cm belum menimbulkan persaingan yang nyata antar tanaman jagung sehingga hasilnya lebih besar dibandingkan dengan perlakuan jarak tanam 75 cm x 25 cm dan 90 cm x 25 cm.

3. Macam-Macam Varietas Jagung

Tanaman jagung adalah tanaman yang menyerbuk silang, artinya sebagian besar ($\pm 95\%$) penyerbukannya berasal dari tanaman lain. Pada umumnya tanaman menyerbuk silang atau bersari bebas, susunan genetik antar satu tanaman dengan yang lain dalam suatu varietas akan berlainan. Oleh sebab itu sifat-sifat pada tanaman menyerbuk silang akan menunjukkan suatu varietas yang besar. Walaupun demikian, varietas tersebut masih menunjukkan sifat-sifat yang dapat diukur, seperti tinggi tanaman, bentuk tongkol, tipe biji, warna biji dan sebagainya. Varietas yang telah mengalami seleksi dan adaptasi pada suatu lingkungan akan menunjukkan suatu keseragaman fenotipe yang dapat dibedakan dengan varietas lain. Menurut Rukmana (2010) pada dasarnya varietas jagung digolongkan ke dalam dua golongan varietas berikut.

- 1) Varietas bersari bebas / komposit (non hibrida atau Open Pollinated Variety / OPV)
- 2) Varietas hibrida (Jagung manis – Talenta , Bisi 2, Pertiwi-3 dan lain-lain)

(1) Komposit

Varietas jagung komposit diperoleh melalui serangkaian penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan varietas unggul sesuai dengan sifat-sifat yang

diinginkan, seperti potensi hasil tinggi, umur genjah, tahan terhadap tekanan biotik dan abiotik. Jagung komposit ini dapat dibudidayakan pada lingkungan tumbuh yang beragam dan sekitar 80% diantaranya ditanami varietas unggul yang terdiri atas 56% jagung komposit (bersari bebas) dan 24% hibrida, sedang sisanya varietas lokal, sehingga dari data tersebut sebahagian besar petani masih menggunakan benih jagung bersari bebas (Iriany, 2011).

Pembentukan varietas komposit dilakukan dengan seleksi saudara kandung (full-sib), saudara tiri (half-sib), dan persilangan dalam (selfing). Contoh varietas jagung komposit adalah bogor harapan, Bisma, bogor composit 2, BBMR 4, dan wonosobo (Putri, 2014).

Varietas komposit dibentuk dari galur, populasi, dan atau varietas yang tidak dilakukan uji daya gabung terlebih dahulu. Sebagian bahan untuk pembentukan komposit berasal dari galur dan varietas. Varietas atau hibrida dapat dimasukkan ke dalam komposit yang telah ada (Iriany, 2011).

Tahapan pembentukan komposit adalah sebagai berikut: (a) masing-masing bahan penyusun digunakan sebagai induk betina, (b) induk jantannya campuran dari sebagian atau seluruh bahan penyusun, dan (c) diadakan seleksi dari generasi ke generasi (Iriany, 2011).

Jagung komposit dan sintetik dapat digunakan sebagai populasi dasar dalam pembentukan varietas baru. Keragaman jagung komposit genetik lebih luas daripada jagung sintetik (Iriany, 2011).

(2) Hibrida

Hibrida di buat dengan mempersilangkan dua inbrida yang unggul. Karena itu pembuatan inbrid unggul merupakan langkah pertama pembuatan hibrida.

Varietas hibrida memberikan hasil yang lebih tinggi daripada varietas bersari bebas karena hibrida menggabungkan gen-gen dominan karakter yang diinginkan dari galur penyusunnya, dan hibrida mampu memanfaatkan gen aditif dan non aditif. Varietas hibrida memberikan keuntungan yang lebih tinggi bila di tanam pada lahan produktivitas tinggi (Kartasapoetra, 1988)

Dengan demikian, jagung hibrida tersebut mempunyai peluang untuk dikembangkan di wilayah kurang subur atau dengan input kurang optimal. Pertiwi -3 , mempunyai potensi hasil tinggi, toleran kekeringan, tahan rebah akar dan batang serta dianjurkan tanam pada musim kemarau di lahan sawah atau lahan kering (Balitserelia, 2010).

B. Bakteri Endofit

1. Asosiasi Bakteri Endofit dengan Tanaman

Peran bakteri endofit pada tanaman kacang-kacangan telah terbukti mampu menyumbangkan sejumlah hara N bagi pertumbuhan tanaman. Berdasarkan bukti tersebut, maka sejumlah peneliti berusaha untuk memanfaatkan bakteri endofit sebagai agensia hayati penyedia hara untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Upaya ini didorong oleh keinginan untuk mengurangi risiko pencemaran lingkungan karena penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan. Triplett (1996) rnengatakan bahwa upaya tersebut dapat dilihat di antaranya pada penelitian tentang (i). pemindahan gen yang mengkode pembentukan nodul pada tanaman kacang-kacangan ke tanaman lain yang memiliki nilai ekonomi misalnya jagung, (ii). upaya untuk dapat mengekspresikan regulon gen nif pada organel tanaman jagung dan (iii) upaya mendapatkan galur tanaman jagung yang mampu berasosiasi dengan bakteri endofit. Upaya di atas tidak memberikan hasil yang menjanjikan,

karena banyak kendala yang dihadapi misalnya ketidak mampuan ekspresi gennif yang telah disisipkan ke dalam tanaman jagung.

Dugaan adanya asosiasi antara bakteri endofit dengan padi berawal pada kenyataan bahwa padi dapat tumbuh dengan baik secara terus-menerus lebih dari 30 tahun pada tanah dengan kandungan N rendah tanpa pemupukan N. Berdasarkan neraca N tanaman padi, diduga terdapat peran bakteri endofit. Sejumlah genera bakteri endofit di antaranya adalah *Azotobacter*, *Beijerinckia* dan *Derxia* banyak ditemukan di rizosfer padi (Singh *et al.*, 1981), bahkan beberapa bakteri diketahui mampu hidup secara endofit dengan menyebar dalam batang padi. Istilah endofit digunakan untuk menunjukkan adanya kolonisasi mikroorganisme di dalam jaringan tanaman tetapi tidak memberikan efek patogenik (tidak menunjukkan gejala-gejala penyakit) terhadap tanaman inangnya (Zinniel *et al.*, 2002).

Beberapa jenis bakteri endofit telah diketahui berperan penting dalam menunjang vitalitas tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit berfungsi sebagai penambat nitrogen (Cruz *et al.*, 2001) penghasil fitohormon (Lee *et al.*, 1999). agensia pengendali hayati (Downing & Thomson., 2000), agensia yang meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit (Siciliano *et al.*, 2001), serta pendegradasi polutan pada rhizosfer (Barac *et at.*,2004). Keberadaan bakteri endofit dalam batang padi telah dibuktikan dengan adanya aktivitas nitrogenase yang diinokulasikan pada media NFb bebas N. penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan aktivitas nitrogenase pada setiap bagian batang padi.

Bakteri yang diambil secara aseptik dari batang padi bagian atas memiliki nilai aktivitas nitrogenase paling tinggi dibanding dengan batang padi bagian

tengah dan bawah (Boddey *et al.*, 1995). Berdasarkan hasil percobaan tentang neraca N padi dengan menggunakan isotop N^{15} , menyimpulkan bahwa terdapat variasi sumbangan N bakteri endofit pada setiap varietas padi.

Pada saat itu belum diketahui jenis bakteri endofit yang berperan (Lima, *et al.*, 1987). Beberapa genera bakteri endofit diketahui mampu berasosiasi dengan padi yaitu *Beijerinckia* (*B. fluminese*), *Azospirillum* (*A. ripiferum*, *A. brasiliense*, *A. amazonense*), *Azotobacter*, *Bacillus*, *Dekxia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Burkholderia* dan *Erwinia* (Boddey *et al.*, 2003). Genera terakhir yang diketahui mampu hidup secara endofit dalam jaringan padi adalah *Gluconacetobacter* dan *Herbaspirillum* (Dong *et al.*, 2003). Calvante dan Dobereiner (1999) adalah peneliti yang pertama kali berhasil menemukan dan mengisolasi spesies bakteri endofit dari padi yaitu *Gluconacetobacter diazotrophicus* strain pALs (syn. *Acetobacter diazotrophicus*). Bakteri tersebut bersifat endofit dan memiliki keunggulan dibanding dengan bakteri endofit yang lain yaitu tumbuh optimum pada sukrosa/grukosa 10%, pH 5,5, memiliki enzim nitrat reduktase, kemampuan fiksasi N_2 tidak dipengaruhi oleh konsentrasi 25 mM Nog. Pada media tumbuh yang mengandung sukrosa 10% dan pH 2,3, aktivitas fiksasi N_2 *G. diazotrophicus* strain pALs tidak dihambat oleh 5 mM NH_4Cl dan kemampuan fiksasi N_2 bertambah naik pada konsentrasi O_2 dari pKa 2,0 - 4,0. (Boddey *et al.* 1995). Asosiasi antara *G. diazotrophicus* dengan padi menunjukkan bentuk simbiosis baru antara bakteri endofit dengan tanaman. Selama ini interaksi antara bakteri endofit dengan tanaman inang hanya digolongkan dalam 2 kriteria yaitu (i). simbiosis yaitu interaksi antara bakteri endofit dengan tanaman kacang-kacangan dan (ii). *free living*, yaitu bakteri endofit yang hidupnya berada pada rizosfer tanaman inang. Salah satu yang

membedakan antara kedua kategori interaksi tersebut terletak pada kemampuan bakteri endofit untuk masuk kedalam jaringan tanaman inang dan membentuk bintil akar sebagai tempat bakteri endofit berada dalam jaringan tanaman inang (Bergersen, 1980).

Bentuk asosiasi antara *G. diazotrophicus* dengan padi disebutkan sebagai obligate endofit (Muthukumarasamy *et al.*, 2004). Bentuk asosiasi ini juga dijumpai pada tanaman sorgum dan *Herbaspirillum* (Oliveira *et al.*, 2002). Bentuk asosiasi obligate endofit ini menunjuk pada kemampuan bakteri endofit yang hidup dalam jaringan tanaman padi yang menyebar baik pada akar, batang dan daun, serta tidak membentuk struktur khusus atau berupa bintil (Muthukumarasamy *et al.*, 2004).

Bakteri yang obligate endofit tidak dapat ditemukan dan diisolasi dari tanah, tetapi dapat diisolasi dari tanaman, insekta dan jamur. Bakteri tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik pada tanah. Hal ini dibuktikan dengan suatu percobaan inokulasi 10^8 sel/g *Herbaspirillum* pada tanah tidak steril. Dalam waktu 21 hari, jumlah *Herbaspirillum* sudah tidak dapat terdeteksi lagi. selang waktu 10 hari sesudah jumlah *Herbaspirillum* tidak dapat terdeteksi, pada tanah ditanam biji sorgum yang telah disterilisasi permukaan. pada umur sorgum 30 hari, jumlah *Herbaspirillum* pada akar dan rizosfer menjadi terdeteksi (Olivares *et al.*, 1996). Beberapa strain anggota genus *Burkholderia* juga ditemukan pada mikoriza (*Gigaspora margarita*) sebagai obligat endofit (Minerdi *et al.*, 2001).

Hubungan asosiasi antara *G. diazotrophicus* dengan padi sedemikian khususnya sehingga Lee *et al.* (2000) menyebutkan bahwa bentuk interaksi ini merupakan prototype interaksi mikroba-tanaman yang perlu dipelajari untuk mengupayakan agensia hayati dalam meningkatkan kualitas tanaman. Hubungan

yang erat antara tanaman dan bakteri endofit memberikan kondisi yang sesuai dalam transfer nutrisi di antara keduanya dibandingkan dengan asosiasi bakteri endofit yang mendominasi rizosfer atau rizoplane tanaman. Fotosintat tanaman dapat digunakan langsung oleh bakteri endofit dan demikian juga dengan hasil fiksasi N_2 udara oleh bakteri endofit dapat digunakan langsung oleh tanaman (James *et al.*, 2001). Bakteri endofit tidak perlu berkompetisi untuk mendapatkan sumber karbon dengan rizobakteri indigenus dan keberadaannya dalam jaringan tanaman lebih menguntungkan terutama dalam hal proteksi aktivitas nitrogenase terhadap O_2 (Quispel, 1991). James *et al.* (1994) dalam penelitiannya melakukan inokulasi *G. diazotrophic* pada plantlet padi. Hasilnya menunjukkan bahwa sesudah 4 hari inokulasi pada pengamatan dengan mikroskop optik dan elektron, tampak bahwa bakteri berkolonisasi pada rizoplane, akar lateral dan ujung akar. selanjutnya pada pengamatan hari ke 11, terlihat *G. diazotrophic* berada dalam jaringan pembuluh xilem. Keberadaan bakteri ini diperkuat dengan menggunakan metode immunogold labelling.

Bakteri endofit masuk ke dalam jaringan tanaman melalui akar (luka, tempat munculnya akar lateral, di antara sel epidermis dan rambut akar) dan stomata daun (Dong *et al.*, 2003). Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan, banyak bukti menunjukkan bahwa proses masuknya bakteri dilakukan melalui rambut akar (O'Cailaghan *et al.*, 2000), tetapi James *et al.* (2001) membuktikan bahwa *G. diazotrophicus* masuk ke dalam plantlet padi melalui luka dan stomata. Muthukumarasamy *et al.* (2002) melaporkan juga bahwa masuknya *G. diazotrophicus* ke dalam jaringan padi melalui lateral root crack dan ujung akar. Ulasan yang diberikan oleh Gough *et al.* (1997) menjelaskan bahwa *Azorhizobium*

caurinodans dapat masuk ke dalam jaringan tanaman *Arabidopsis thaliana* melalui daerah lateral *root crack*. Inokulasi *Klebsiella pneumoniae* strain 342 pada bibit *Medicago sativa*, *M. truncatula*, *A.thaliana*, *Triticum destivum* dan orwa *sativa* menunjukkan bahwa *K-pnumoniae* strain 342 masuk ke dalam tubuh tanaman lewat *rateral root crack* (Dong *et al.*,2003).

Padi sebagai tanaman inang tidak menunjukkan respon bertahan (*defense response*) terhadap masuknya bakteri ke dalam jaringan. Alasan yang diusulkan dengan tidak adanya respon bertahan tersebut karena (1). bakteri masuk pertama kali ke dalam jaringan tanaman lewat rongga interselular atau melalui jaringan yang mati misalnya xilem dan aerenkim, bukan langsung ke sel tanaman (*intact host cell*) (Gyaneshwar *et al.*,2001), (2). jumlah bakteri endofit biasanya hanya berkisar $10^4 - 10^5$ cfu/g berat tanaman segar, sedangkan bakteri yang bersifat patogen, jumlahnya dapat mencapai 10^{10} cfu/g berat tanaman segar. Jumlah bakteri yang tinggi ini yang menyebabkan tanaman memberikan tanggapan berupa respon bertahan (James *et al.*,2001). Hal serupa juga dilaporkan oleh Yegorenkova *et al.*(2001) bahwa jumlah sel *Azospirillum* yang diinokulasi pada gandum memberikan pengaruh yang berbeda. Penurunan jumlah sel inokulum dari $10^7 - 10^4$ menyebabkan jumlah sel *Azospirillum* yang teradsorpsi pada permukaan akar jumlahnya berkurang, sedang pada inokulasi 10^9 sel *Azospirillum*, terjadi penghambatan pertumbuhan akar gandum.

Sifat obligate endofitik bakteri endofit pada padi ditunjukkan oleh persistensi bakteri dalam jaringan padi. Sekali bakteri endofit tersebut masuk ke dalam jaringan tanaman padi maka bakteri tersebut tetap berada dalam jaringan padi dan mengalami penyebaran melalui perbanyakan vegetatif (Palus *et al.*, 1996).

Asosiasi obligate endofit juga ditunjukkan oleh percobaan oliviera *et al.*(2002) bahwa plantlet padi yang tidak diinokulasi kemudian ditanam pada tanah yang tidak steril. Setelah 45 hari masa tanam, dalam jaringan padi didapati penambahan jumlah bakteri endofit yang meliputi *Azospirillum-like*, *Herbaspirillum-like*, *Burkhotdeia-like*, dan *G. diazotrophicus-like* dalam jumlah yang sedikit. Pengukuran aktivitas nitrogenase pada batang padi yang baru dipotong menunjukkan hasil yang negative tetapi setelah bagaian tersebut berkecambah, hasil uji aktivitas nitogenasanya menunjukkan nilai positif (Russel, 1981). Hal ini dipercaya bahwa terjadi perpindahan bakteri endofit dari dalam batang padi ke tunas yang baru (Graciolli & Russel, 1981). Varietas padi sangat mempengaruhi efektivitas asosiasi bakteri endofit (Boddey *et al.*, 1991), demikian juga halnya dengan pupuk N. Padi yang mendapat perlakuan pupuk N dalam jumlah yang tinggi dapat kehilangan kemampuannya dalam berasosiasi dengan bakteri endofit (Triplett, 1996). Dengan menggunakan penanda lacZ (*B-galactosrdase encoding gene*) pada *G. diazotrophicus* tampak bahwa populasi bakteri tersebut mengalami penurunan jumlah dalam waktu beberapa hari setelah tanaman padi mendapat pemupukan N dalam jumlah yang tinggi (Muthukumarasamy *et al.*, 2002).

Peran bakteri endofit pada padi dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur-unsur yang berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri tersebut. Gyaneshwar *et al.* (2001) menunjukkan bahwa bibit padi yang telah diperkaya dengan bakteri endofit *Senatia marcescens* mengalami peningkatan aktivitas penambatan N₂ udara bila senyawa-senyawa seperti asam malat, suksinat, dan sukrosa diberikan pada rizosfer padi. Percobaan lapangan yang dilakukan oleh Boddey *et al.*, (2003) menunjukkan bahwa pemberian pupuk tunggal Mo sebesar 100 g/ha pada padi

varietas RB 72454 memberikan hasil yang sama bila padi dipupuk dengan 60 kg N ha⁻¹. Pengaruh ini dipercaya sebagai akibat respon bakteri endofit terhadap kebutuhan hara Mo bagi enzim nitrogenase. Dengan demikian, aktivitas penambatan N₂ udara oleh bakteri tersebut meningkat sehingga meningkatkan hasil padi seperti halnya pada perlakuan pupuk N sebesar 60 kg ha⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan nutrisi yang dipadukan bagi bakteri endofit dan tanaman inang sangat mempengaruhi kelangsungan hidup tanaman inangnya (Oliviera *et al.*, 2002).

2. Potensi Bakteri Endofit sebagai Pupuk Hayati (Biofertilizer)

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup di jaringan sel tanaman dan berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Pada dasarnya bakteri endofit dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu : bakteri endofit yang memacu pertumbuhan tanaman dan bakteri endofit yang merugikan tanaman. Bakteri endofit dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman melalui mekanisme : produksi hormon pertumbuhan, kemampuan fiksasi nitrogen dari udara, penghasil osmoprotektan pada kondisi cekaman kekeringan dan penghasil osmolit tertentu yang dapat membunuh patogen tanaman di tanah (Kloepper, 1993). PGPR dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman melalui mekanisme : produksi hormon pertumbuhan, kemampuan fiksasi nitrogen dari udara, penghasil osmoprotektan pada kondisi cekaman kekeringan dan penghasil osmolit tertentu yang dapat membunuh patogen tanaman di tanah (Compant, *et al.*, 2005).

Menurut Lalonde *et al.* (1989), *Pseudomonas* sp., *Salmonella liquefaciens*, dan *Bacillus* sp. mampu menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman dan dapat meningkatkan berat kering tanaman jagung masing-masing mencapai 9%, 10% dan

7% lebih tinggi dibanding kontrol (tanpa diinokulasi). Sedangkan fiksasi N₂ udara secara biologis mampu menyumbangkan kurang lebih 70% dari seluruh fiksasi N yang dapat diserap di muka bumi. Kurang lebih 50% dari hasil fiksasi biologis tersebut merupakan hasil asosiasi rhizobia-legum (Arshad, 1993). Hasil percobaan di lapangan menunjukkan bahwa, *Azotobacter* sp. tanpa pemberian pupuk N dapat meningkatkan hasil tanaman padi mencapai 16,69%. *Azospirillum* sp. dengan pemberian pupuk N 120 kg/ha dapat meningkatkan hasil tanaman padi mencapai 43,49%. Di sisi lain, pada percobaan di rumah kaca dengan pupuk N takaran tertentu *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan hasil padi mencapai 115,91% dan *Pseudomonas* sp. mencapai 112,88% (Rao *et al.* 1987).

Kemampuan lain dari bakteri endofit adalah mampu memproduksi osmoprotektan dalam kondisi cekaman osmotik maupun cekaman kekeringan. Hartman *et al.* (1991) menyatakan bahwa *Azospirillum halopreferens* penghasil osmoprotektan glisin betain mampu mempertahankan aktivitas *nitrogenase* (enzim yang berperan dalam fiksasi N) kurang lebih 100% pada cekaman osmotik mencapai 27 bar. Strom *et al.* (1989) melaporkan bahwa penambahan glisin betain mampu memacu fiksasi N secara nyata pada *Klebsiella pneumoniae* yang ditumbuhkan pada cekaman osmotik 0,65 M NaCl. Dengan demikian pada kondisi tersebut sumbangan hasil fiksasi N pada ketersediaan N tanah relatif dapat dipertahankan.